

PENGEMBANGAN ALAT PERAGA MATEMATIKA VIRTUAL BERBASIS *COGNITIVE LOAD THEORY*¹

Oleh: Sugiman, R. Rosnawati, & Endah Retnowati²

Abstrak

Alat peraga matematika manual tersedia di semua Laboratorium Pendidikan Matematika di Indonesia yang dapat digunakan untuk membantu siswa dalam melakukan kegiatan abstraksi atau menemukan konsep serta prinsip matematika. Karena bersifat manual maka dalam menggunakannya siswa bersentuhan langsung dengan alat peraga tersebut sehingga diperlukan alat peraga sejumlah siswa di dalam kelas. Selain itu penggunaan alat peraga manual juga memerlukan bahan-bahan yang banyak dan beragam, misalnya alat peraga timbangan memerlukan alat penimbangan itu sendiri dan benda-benda yang hendak ditimbang. Dengan demikian alat peraga matematika perlu divirtualkan agar lebih interaktif serta praktis dalam hal penggunaannya.

Pengembangan alat peraga matematika virtual dilakukan melalui penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan model pengembangan 4D-Model yang terdiri dari tahapan *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*. Keempat tahapan D dalam 4D-Model tersebut merupakan tahap-tahap atau sintaks dalam melakukan pengembangan yang akan dilakukan selama 3 tahun. Pada tahun 2013 kegiatan penelitian yang telah dilakukan adalah kegiatan *define*, *design*, serta *develop*.

Hasil penelitian yang dicapai adalah telah diperoleh prototipe alat peraga matematika virtual yang digunakan untuk materi pembulatan ke bilangan satuan, puluhan, serta ratusan. Prototipe alat peraga virtual yang mengaplikasikan *cognitive load theory* tersebut diberi nama “Mari Menimbang.” Untuk melihat validitas prototipe alat peraga virtual yang dikembangkan adalah dengan cara dinilai kepada tiga ahli dan sepuluh praktisi. Ketiga ahli tersebut terdiri atas seorang ahli media berbasis ICT, seorang ahli materi matematika, dan seorang ahli pendidikan matematika. Sedangkan kesepuluh praktisi adalah guru-guru matematika yang berpengalaman dalam melaksanakan pembelajaran matematika di kelas. Hasil penilaian ahli terhadap aspek Kognitif Instrinsik, Kognitif Ekstra, Syarat Didaktik, Syarat Konstruksi, dan Syarat Teknis berturut-turut adalah 3,17, 3,1, 3,17, 3,08, 3,4, dan 3,33 yang masing-masing berkriteria baik. Adapun hasil penilaian praktisi terhadap enam aspek yang sama berturut-turut 3,73, 3,53, 3,58, 3,6, 3,54, dan 3,73 yang masing-masing berkriteria sangat baik. Secara keseluruhan penilaian ahli terhadap laboratorium pendidikan matematika virtual adalah 3,19 dengan kriteria baik sedangkan para praktisi memberi nilai 3,6 dengan kriteria sangat baik.

Kata Kunci: *Cognitive Load Theory*, Laboratorium Pendidikan Matematika

PENDAHULUAN

Berdasarkan temuan Dewi Padmo, dkk (2004: 246) bahwasanya guru dalam mengajar matematika cenderung dimulai dengan pemberian informasi kemudian diikuti

¹ Bagian dari Penelitian Pengembangan Laboratorium Pendidikan Matematika

² Dosen-dosen Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY

contoh soal dan diakhiri dengan pemberian soal yang mirip dengan contoh tadi. Sampai saat ini kebiasaan cara guru mengajar belum berubah secara mendasar. *Talk and chalk* merupakan dua andalan guru dalam mengajarkan konsep-konsep serta prinsip-prinsip matematika. Sedangkan alat peraga jarang digunakan guru ketika mengajar matematika, walaupun digunakan, alat peraga tersebut digunakan sebagai alat demonstrasi guna menjelaskan suatu konsep atau prinsip matematika bukannya alat peraga digunakan siswa untuk melakukan kegiatan eksplorasi matematis. Ausubel (Bell, 1978: 130-132) juga menegaskan bahwa proses pembelajaran yang miskin dalam hal pelibatan siswa dan esensi konten yang dipelajari maka akan menyebabkan siswa tidak mendapatkan pemahaman yang utuh, menyeluruh, serta komprehensif sehingga siswa tersebut cepat melupakannya.

Alat peraga matematika yang selama ini dipelajari secara fisik, dapat dikembangkan dalam bentuk multimedia di *adaptive e-learning platform* sebagaimana yang ada di UNSW (lihat www.smartsparrow.com). Bedanya dengan multimedia yang lain, platform yang dikembangkan memungkinkan siswa untuk melakukan simulasi, percobaan atau manipulasi alat peraga yang tersedia, seperti halnya menggunakan alat peraga fisik. Bahkan, siswa dapat melakukan berbagai percobaan fungsi-fungsi alat peraga, yang umumnya tidak mungkin dilakukan di laboratorium fisik karena keterbatasan alat peraga. Setiap siswa dapat melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan perkembangan kognitifnya karena platform yang dikembangkan mampu menyediakan *learning path* dan umpan balik sesuai yang dibutuhkan siswa. Selain itu, kegiatan setiap siswa dapat direkam sehingga guru dapat melakukan penilaian autentik perkembangan kognitif siswa. Berbeda dengan dua tahun yang lalu, yakni tahun 2011-an, sekarang portal *smart sparrow* tidak lagi dapat diakses secara gratis namun sebaliknya pengguna harus membayar dan menjadi anggotanya. Untuk itulah perlu dibuat portal sejenis yang bisa diakses secara gratis bagi siswa dan guru di Indonesia.

Penggunaan ICT untuk kepentingan pembelajaran oleh guru maupun siswa pada saat sekarang sudah mulai berkembang. Melalui ICT tersebut dapat disediakan suatu lingkungan belajar yang bersifat interaktif sehingga siswa bisa mendapatkan umpan balik secara cepat dan langsung dari apa yang ia kerjakan. Berbagai penelitian telah banyak yang membuktikan keunggulan dari penggunaan multimedia dalam ICT yakni multimedia bermanfaat dalam mendukung siswa mengembangkan kemampuan intelektualnya. Perangkat lunak (*software*) komputer yang cocok akan memberikan kesempatan yang unik untuk belajar melalui eksplorasi dan pemecahan masalah kreatif.

Mengimplementasikan *Cognitive Load Theory* (CLT) dalam membuat alat peraga virtual melalui ICT diharapkan dapat menghasilkan sarana pembelajaran yang efektif. Menurut CLT, efektifitas instruksional pembelajaran ditentukan oleh tiga aspek beban kognitif (*cognitive load*), yakni beban kognitif instrinsik (*intrinsic cognitive load*), beban kognitif ekstra (*extraneous cognitive load*), dan beban kognitif germane (*germane cognitive load*) (Brunning Scaw, Norby dan Ronning, 2004; Paas dan Merrienboer, 1993; Sweller, 2004, 2010). Karena kemampuan kognitif kita untuk memproses materi yang kompleks adalah terbatas, CLT menyarankan bahwa penyajian materi sebaiknya meminimalkan *intrinsic* dan *extraneous cognitive load*, namun menstimulasi *germane cognitive load*. *Intrinsic cognitive load* berkaitan dengan tingkat kompleksitas materi yang dipengaruhi oleh tingkat pengetahuan awal yang telah dimiliki oleh siswa. *Extraneous cognitive load* berkaitan dengan cara penyajian informasi selama pembelajaran, apakah memuat gambar, teks, animasi atau suara, sebaiknya tidak mengakibatkan proses kognitif yang berlebihan. Penyajian informasi tersebut dapat melalui media, guru, teman, atau lingkungan siswa. Sedangkan *germane cognitive load* berkaitan dengan proses konstruksi pengetahuan yang baru (Brunning Scaw, Norby dan Ronning, 2004; Sweler & Chandler, 1994).

Penggunaan contoh soal yang disajikan secara integratif antara gambar dan teks (verbal atau tertulis) yang berasosiasi telah ditunjukkan keefektifannya dalam pembelajaran oleh berbagai penelitian (Chandler & Sweller, 1992, Retnowati, Sweller & Ayres, 2010; Moreno & Mayer, 1999; Tarmizi & Sweller, 1988; Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 1997; Van Gog, Paas, & Van Merriënboer, 2006). Namun, mengintegrasikan dua gambar dan ilustrasi yang berasosiasi perlu menghindari efek ulangan. Efek ini terjadi apabila gambar telah secara implisit memuat ilustrasi mengenai gambar tersebut (*self-explained figure*). Selain itu, efek ulangan ini juga dapat terjadi jika menyajikan informasi yang telah diketahui dengan baik oleh siswa (Chandler & Sweller, 1992). Dalam hal ini efek ulangan terjadi karena ada informasi yang berlebih, yaitu informasi yang disajikan dan pengetahuan yang berisi sama dengan informasi tersebut.

Proses kognitif konstruktif tersebut terjadi secara otomatis jika memang ada muatan di memori pekerja yang kosong akibat dari minimalnya beban kognitif intrinsik dan ekstrinsik. Tetapi, dapat dipengaruhi oleh motivasi dan sikap siswa terhadap materi yang dipelajari. Tanpa adanya motivasi dan sikap yang baik terhadap proses pembelajaran, meskipun materi telah dimanajemen dengan baik, hasil pembelajaran mungkin tidak maksimal.

Cognitive load theory terkait dengan melakukan tugas-tugas belajar dikendalikan dengan dua cara . Pertama, intrinsik dikelola oleh mengorganisir tugas-tugas belajar di kelas tugas dikembangkan dari yang mudah menuju yang sulit. Untuk tugas belajar dalam kelas yang mudah, elemen dan interaksi antara elemen harus diproses secara bersamaan di memori kerja. Tugas yang lebih kompleks, jumlah elemen dan interaksi yang diproses antara unsur-unsur meningkat. Kedua, Cognitive Load dikelola dengan memberikan sejumlah besar dukungan dan bimbingan untuk tugas belajar pertama dalam kelas. Karena informasi yang mendukung biasanya memiliki interaktivitas elemen yang tinggi, adalah lebih baik untuk tidak menyampaikannya kepada peserta didik sementara mereka bekerja pada tugas-tugas

belajar. Bersamaan melakukan tugas dan mempelajari informasi yang hampir pasti akan menyebabkan kelebihan beban kognitif. Sebaliknya, informasi yang mendukung adalah yang terbaik disajikan sebelum peserta didik mulai bekerja pada tugas belajar. Dengan cara ini, skema kognitif dapat dibangun di memori jangka panjang yang kemudian dapat diaktifkan di memori kerja selama kinerja tugas. Mengambil skema kognitif yang sudah dibangun ini diharapkan menjadi beban kognitif berkurang daripada mengaktifkan informasi kompleks disajikan dalam memori kerja selama kinerja tugas.

Implikasi dari *cognitive load theory* dalam mendesain alat peraga matematika virtual antara lain: (1) perlu memahami tingkat kekompleksan materi yang akan dipelajari atau banyaknya informasi yang akan disampaikan; (2) perlu mengetahui tingkat pengetahuan awal siswa yang akan mempelajari materi yang disampaikan; (3) meminimalkan jumlah dari intrinsic cognitive load dan ekstrinsik; dan (4) memfasilitasi proses yang meningkatkan germane cognitive load yaitu akuisisi dan konstruksi skema pengetahuan serta (5) membangun susunan skema yang baik dan memfasilitasi otomatisasi skema.

RUMUSAN MASALAH

Masalah yang diangkat dalam penelitian ini pada tahun pertama adalah:

1. Bagaimanakah mengembangkan alat peraga virtual adaptif yang baik dengan mengacu pada *Cognitive Load Theory*?
2. Seberapa tingkat validitas alat peraga virtual adaptif yang dikembangkan dengan mengacu pada *Cognitive Load Theory*?

METODE PENELITIAN

Akker dan Plomp (1993: 2) menyatakan bahwa kualitas penelitian pengembangan ditentukan oleh dua hal, yakni (1) seberapa berkualitas proses maupun mutu hasil pengembangan prototipe produk dan (2) bagaimana metode pengembangan diterapkan mulai dari tahap perencanaan hingga tahap evaluasi akhir suatu produk. Lebih lanjut Nieveen

(1999: 127-128) mengatakan kualitas produk, pendesainan, pengembangan, dan pengevaluasian program harus memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif.

Model pengembangan Alat Peraga Matematika Virtual dalam penelitian ini mengacu pada model pengembangan dari Thiagarajan, Semmel, & Semmel (1974: 5-9) yang dikenal dengan Model 4-D; tahap pertama adalah *define* (pendefinisian), kedua adalah *design* (perancangan), ketiga adalah *develop* (pengembangan), dan keempat adalah *disseminate* (penyebaran). Pengembangan produk pada penelitian ini masih pada tahap ketiga dan belum dilakukan upaya penyebaran.

Penelitian ini melibatkan ahli (ahli ICT, ahli materi, dan ahli pedagogi), praktisi di sekolah, serta siswa pengguna. Peranan ahli dalam hal ini adalah memberikan validasi terhadap lembar penilaian maupun memberikan penilaian terhadap validitas produk. Peranan praktisi di sekolah adalah hanya memberikan penilaian terhadap validitas produk. Selain itu dalam proses pengembangan alat peraga matematika virtual juga melibatkan 1 kelas IV SD dan 1 kelas VII SMP guna melihat apakah program yang dibuat untuk alat peraga virtual tersebut bisa berjalan atautkah masih terdapat kekurangan. Selain memberikan umpan balik, siswa juga memberikan tanggapan terhadap produk alat peraga virtual yang ia gunakan.

Adapun pengkriteriaan hasil penilaian yang diberikan ahli maupun praktisi terhadap validitas produk dengan menggunakan kriteria dari Syaifuddin Azwar (2010: 163) yang menggunakan rata-rata ideal (X_i) serta simpangan baku ideal (SB_i). Banyaknya kriteria ada 5, yakni Tidak Baik (jika $Skor < X_i - 2SB_i$), Kurang Baik (jika $X_i - 2SB_i \leq Skor < X_i - SB_i$), Cukup Baik (jika $X_i - SB_i \leq Skor < X_i + SB_i$), Baik (jika $X_i + SB_i \leq Skor < X_i + 2SB_i$), dan Sangat Baik (Jika $X_i + 2SB_i \leq Skor$).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang hendak dibahas meliputi pendefinisian, pendesainan, serta penilaian tingkat validitas oleh ahli serta praktisi. Selain itu disajikan pula produk prototipe alat peraga virtualnya.

Tahap Pendefinisian melalui Penilaian Kebutuhan

Need assesment dilakukan melalui observasi kelas, pengamatan cara berfikir siswa selama pembelajaran matematika, wawancara dengan guru matematika, telaah kurikulum, telaah buku teks, telaah RPP yang digunakan guru, serta telaah referensi. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut.

1. Kesulitan yang dialami beberapa guru ketika mengajar matematika adalah manakala menjumpai banyak siswa menemukan beragam cara menjawab atau beragam jawaban. Masing-masing jawaban siswa harus mendapatkan respon sesegera mungkin agar apabila siswa melakukan kesalahan maka tidaklah terlalu berlarut. Kesulitan guru berupa (1) sulit dalam membedakan mana jawaban yang benar dan yang salah, (2) kurang efektif dalam mengelola keberagaman jawaban supaya terjadi pertukaran pendapat, dan (3) melayani siswa sesuai dengan level kemampuan masing-masing siswa. Untuk itu butuh media yang bisa memberikan respon dengan segera atas keberagaman jawaban siswa.
2. Dari hasil observasi ditemukan adanya keberagaman kemampuan siswa dalam melakukan transformasi dari level konkrit, ke semi konkrit, dan terakhir ke abstrak. Heterogenitas intelektual siswa merupakan penyebab utamanya. Problem ini masih sulit diatasi oleh guru manakala muncul di kelas.
3. Guru cenderung sesegera mungkin mengajar matematika formal meskipun pembelajarannya dimulai dari pemberian masalah kontekstual atau malahan memulai mengajar matematika langsung pada tahap formal. Kemampuan guru dalam menata materi adalah yang merupakan penyebab utamanya.

4. Dari hasil wawancara, masih terdapat guru yang belum menguasai seluruh materi matematika yang seharusnya ia ajarkan. Akibatnya materi tersebut ditinggal oleh guru dan tidak diajarkan kepada siswanya kemudian siswa diminta untuk mempelajarinya sendiri atau mencarinya di internet. Jika demikian diperlukan sumber belajar selain guru yang dapat digunakan oleh siswa tanpa pendampingan guru tersebut. Materi yang dimaksud misalkan penalaran prosedur pembagian dengan bilangan pecah, konsep permutasi- kombinasi, dan pembulatan bilangan.
5. Dari telaah buku pelajaran matematika yang diajarkan di sekolah ditemukan indikasi masih sedikitnya buku yang mendorong siswa melakukan kegiatan inkuiri. Pengetahuan yang diperoleh siswa dikarenakan siswa membaca konsep atau prinsip matematika bukannya siswa mencari dan menemukannya melalui proses inkuiri.
6. Banyak sekolah yang memiliki sarana komputer yang dapat digunakan dalam pembelajaran matematika bahkan siswa banyak yang memiliki komputer sendiri atau memiliki telepon genggam yang dapat digunakan untuk mengakses internet. Sedangkan sekolah itu sendiri belum memiliki laboratorium pendidikan matematika dan yang ada terbatas pada alat peraga sederhana.

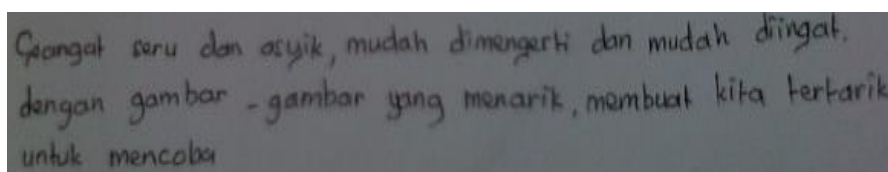
Berdasarkan temuan dan hasil telaah di atas maka perlu dibangun laboratorium pendidikan matematika yang bisa dimanfaatkan oleh banyak sekolah serta perlu dikembangkan alat peraga-alat peraga virtual adaptif.

Tahap pendesainan

Melalui tahap ini telah dikembangkan prototipe alat peraga virtual dengan didasarkan pada *cognitive load theory* yang akan diunggah ke dunia maya dan website laboratorium pendidikan matematika virtual (laditiv) yang akan diisi dengan berbagai media virtual. Berikut akan diuraikan secara singkat dari apa yang telah dikembangkan beserta hasilnya.

1. Pengembangan alat peraga virtual dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai komponen yang semuanya mengacu pada *cognitive load theory* serta *adaptive e-learning*. Pada tahun pertama ini baru dikembangkan prototipenya yang berisikan konsep pembulatan bilangan ke satuan, puluhan, dan ratusan terdekat. Nama prototipe alat peraga pembulatan tersebut adalah “Mari Menimbang.” Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada pendesainan alat peraga pembulatan ini adalah (1) Penentuan bahwa konten matematika yang disajikan dalam alat peraga virtual merupakan konten yang esensial bagi siswa namun media pembelajaran yang tersedia belum bisa memfasilitasi siswa dalam mengeksplorasi konten matematika tersebut, (2) Pencarian konteks pada alat peraga virtual yang relevan bagi siswa agar bermula pada konteks tersebut siswa dapat meningkatkan pemahaman konsep maupun prosedur matematikanya secara abstrak, (3) perancangan media alat peraga virtual yang mampu mendorong siswa untuk memaksimalkan *germane cognitive load* yakni yang memaksimalkan pikiran siswa dalam membangun skema konsep maupun prinsip matematika yang terkandung dalam alat peraga virtual; pada saat merancang ini direncanakan pula pemberian bantuan atau scaffolding manakala siswa membutuhkan, (4) pembuatan alat peraga virtual dengan menggunakan program komputer yang memiliki fasilitas yang diperlukan; salah satu program komputer yang dimaksud adalah makro media flash, (5) mendiskusikan embrio alat peraga virtual dalam forum diskusi yang disebut *Forum Group Discussion* (FGD), (6) mencoba alat peraga virtual pada siswa pengguna agar terdeteksi kelemahannya dan kemudian melakukan penyempurnaan; uji coba ini dilakukan sebanyak satu atau dua kali namun bilamana perlu bisa dilakukan sebanyak kebutuhan; komentar siswa terhadap prototipe alat peraga virtual yang berjudul “Mari Menimbang” adalah sangat positif sebagaimana contohnya terlihat pada Gambar 1, dan (7) menilaikan alat peraga virtual kepada ahli dan praktisi serta

sekaligus meminta saran-saran penyempurnaannya. Melalui tujuh langkah ini telah berhasil dibuat prototipe alat peraga virtual.



Gambar 1. Contoh Komentar Siswa

2. Penilaian terhadap alat peraga virtual dilakukan oleh 3 dosen ahli (ahli media/teknologi, ahli materi, dan ahli pendidikan matematika) serta 10 praktisi yakni guru-guru yang mempunyai pengalaman dalam mengajar matematika di kelas. Hasil penilaian yang diberikan tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Penilaian terhadap Alat Peraga Virtual oleh Ahli dan Praktisi

Komponen Penilaian	Ahli		Praktisi	
	Skor	Kriteria	Skor	Kriteria
Kognitif Instrinsik	3,17	Baik	3,73	Sangat Baik
Kognitif Ekstra	3,10	Baik	3,53	Sangat Baik
Kualitas Materi	3,17	Baik	3,58	Sangat Baik
Syarat Didaktik	3,08	Baik	3,60	Sangat Baik
Syarat Konstruksi	3,40	Baik	3,54	Sangat Baik
Syarat Teknis	3,33	Baik	3,73	Sangat Baik
Semua Komponen	3,19	Baik	3,60	Sangat Baik

Penilaian yang diberikan oleh ahli terhadap setiap komponen maupun secara keseluruhannya yang terkandung dalam prototipe alat peraga virtual masuk dalam kategori baik. Hal ini menunjukkan bahwa alat peraga tersebut sudah layak digunakan oleh siswa baik di dalam kelas maupun di rumah. Kelayakan tersebut diperkuat oleh hasil penilaian oleh guru yang memberikan kriteria sangat baik terhadap semua komponen alat peraga virtual.

Produk Prototipe Alat Peraga Matematika Virtual: “Mari Menimbang”

Adapun alat peraga virtual pada materi pembulatan yang telah dikembangkan dan dinilai validitasnya terlihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Alat Peraga Virtual: Pembulatan

Penggunaan alat peraga adalah sebagai berikut.

- 1) Memilih satu diantara tiga benda (ikan, pisang, atau pepaya) untuk diletakkan di atas timbangan
- 2) Penunjuk berat pada timbangan akan memberikan hasil timbangan. Pada gambar terlihat beratnya adalah 2007.06 gram.
- 3) Siswa/pengguna mengisi kota pada perintah Bulatkan ke satuan terdekat. Bila jawaban benar maka akan muncul bulatan hijau dan muncul pula perintah kedua “Bulatkan ke puluhan terdekat.” Bila jawaban salah akan diberi tanda silang berwarna merah dan diminta mengisi lagi; bila melakukan kesalahan kedua akan diberikan scaffolding berupa petunjuk dan diminta mengisi kembali; bila masih salah maka diberikan kunci jawabannya. Proses ini berulang untuk pembulatan ke puluhan dan ratusan.
- 4) Siswa mengerjakan soal latihan pembulatan yang berkonteks jarak rumah ke sekolah, jumlah penduduk desa, membaca label harga, dan menentukan berat

badan dua orang. Jika benar semua maka diberi soal lanjutan dengan konteks menentukan keliling pigura dan menentukan jumlah kelereng yang mungkin.

KESIMPULAN

1. Alat peraga virtual berbasis *cognitive load theory* dikembangkan melalui langkah-langkah: (1) penentuan konten matematika, (2) penentuan konteks, (3) perancangan dengan mempertimbangkan *cognitive load theory*, (4) pembuatan, (5) Peninjauan melalui FGD, (6) Uji coba pada siswa, dan (7) Penilaian oleh ahli dan praktisi.
2. Hasil penilaian ahli terhadap prototipe alat peraga virtual berada pada kriteria baik sedangkan praktisi memberikan nilai sangat baik. Dengan demikian prototipe yang dihasilkan bisa diterapkan pada siswa dan dapat dijadikan acuan bagi pengembangan alat peraga virtual lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akker, J.V. & Plomp. (1993). *Development research in curriculum propositions and experiences*. Diakses jam 09.00, tanggal 10 Desember 2012, dari http://leerplanevaluatie.slo.nl/Taakhulp/vandenAkker_Plomp_1993.pdf/
- Bell, F.H. (1978). *Teaching and learning mathematics (In secondary school)*. Moines: Wm. C. Brown Company.
- Brunning Scaw, Norby dan Ronning. (2004) Cognitive load theory, learning difficulty and instructional design. *Learning and Instruction*, 4 , 295-312.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 62(2), 233-246.
- Dewi Padmo, Siti Juliaha, Kristina A, Puspitasari & Nurdin Ibrahim (Ed). 2004. *Teknologi Pembelajaran: Peningkatan Kualitas Belajar melalui Teknologi Pembelajaran*. Jakarta: Pusat Teknologi Komunikasi dan Informasi Pendidikan
- Moreno, R., & Mayer, R. (1999). Cognitive Principles of Multimedia Learning: The Role of Modality and Contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 358-368.
- Nieveen, N. (1999). Prototyping to Reach Product Quality dalam Plomp, T; Nieveen, N., Gustafson, K., Branch, R. M., & van den Akker, J (eds). *Design approaches and tools in education and training*. London: Kluwer Academic Publisher
- Paas, F. G. W. C., and van Merrienboer, J. J. G. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental-effort and performance measures. *Human Factors*, 35(4), 737-743.

- Retnowati, E., Sweller, J. & Ayres, P. 2010. Worked Example Effects in Individual and Group Work Settings. *Educational Psychology*, 30(3), 349-367.
- Sweller, J. (2004). Instructional Design Consequences of an Analogy between Evolution by Natural Selection and Human Cognitive Architecture. *Instructional Science*, 32(1-2), 9-31.
- Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123-138.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why Some Material is Difficult to Learn? *Cognition and Instruction*, 12(3), 185-233.
- Syaifuddin Azwar. (2010). *Tes prestasi (fungsi pengembangan pengukuran prestasi belajar)*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Tarmizi, R. A., & Sweller, J. (1988). Guidance Suring mathematical Problem Solving. *Journal of Educational Psychology*, 80(4), 424-436.
- Thiagarajan S., Semmel D. S., Semmel M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. Minnesota: Central for Innovation on Teaching the Handicapped.
- Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). When Two Sensory Modes Are Better Than One. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3 No. 4, 257 - 287.
- Van Gog, T., Paas, F., & Van Merriënboer, J. (2006). Effects of Process-Oriented Worked Examples on Troubleshooting Transfer Performance. *Learning and Instruction*, 16(2), 154-164.